

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
 - TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
 - FADED TEXT
 - ILLEGIBLE TEXT
 - SKEWED/SLANTED IMAGES
 - COLORED PHOTOS
 - BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
-
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : E04B 9/00, 1/86		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 94/24382
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Oktober 1994 (27.10.94)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP94/01227		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 20. April 1994 (20.04.94)			
(30) Prioritätsdaten: P 43 12 885.8 20. April 1993 (20.04.93) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FUCHS, Helmut [DE/DE]; Mühlweg 39, D-71093 Weil im Schönbuch (DE). ECK- OLDT, Dietmar [DE/DE]; Landhausstrasse 19, D-71134 Deufingen (DE).			

(54) Title: FALSE CEILING

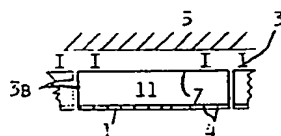
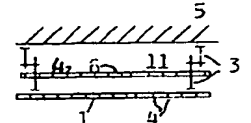
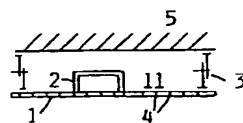
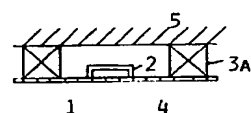
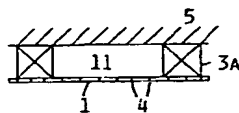
(54) Bezeichnung: UNTERDECKE

(57) Abstract

A false ceiling for buildings designed to absorb acoustic waves has perforated metal plates. One or several suspended plates (1, 6) are provided which are so hard that they cannot vibrate. The lowest metal ceiling has a plurality of regularly or irregularly arranged holes (4, 7) with 1-3 mm diameter, the surface of the holes being less than 4 % of the total surface. The air in the holes (4, 7) forms with the overlying cavities (11) a dampening active mass system of the foil absorber type.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Unterdecke für Gebäude, die zur Absorption von Schallwellen ausgebildet ist und perforierte Metallplatten aufweisen, wobei eine oder mehrere abgehängte Platten (1, 6) vorgesehen sind, die derart hart ausgebildet sind, dass sie nicht schwingungsfähig sind, wobei die unterste Metalldecke eine Vielzahl von gleichmässig oder ungleichmässig angeordneten Löchern (4, 7) mit einem Durchmesser von 1-3 mm und einem Lochflächenanteil von weniger als 4 % aufweist, und die Luft in den Löchern (4, 7) mit den darüber befindlichen Hohlräumen (11) ein Feder-Masse-System nach Art eines Folienabsorbers bildet.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Unterdecke

Die Erfindung betrifft eine Unterdecke gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie sie aus Frick, O. et al "Baukonstruktionslehre", Teil 1., Teubner, Stuttgart 1992 bekannt ist.

1. Gegenstand

Von massiven, tragenden Geschoßdecken "abgehängte" Unterkonstruktionen kommen als vorzugsweise leichte, weitgehend industriell vorgefertigte, trocken und einfach montierbare Deckensysteme in großem Umfang und sehr variantenreich zum Einsatz. In Neubauten und bei der Altbausanierung von Aufenthaltsräumen, Verwaltungsräumen, Unterrichtsräumen oder Industrie- Messe- oder Sporthallen sowie Büro-, Kauf- und Krankenhäusern übernehmen sogenannte Deckenbekleidungen und Unterdecken (UD) sowohl dekorative als auch bautechnische Funktionen.

2. Zweck und Funktion

Als Verkleidung in gewissem Abstand zur Massivdecke montiert, hilft die UD häufig, verschiedene bauphysikalische Anforderungen an das Gebäude hinsichtlich Wärmeschutz, Brandschutz und Schallschutz zu erfüllen. Sie eignet sich aber als Vorsatzschale ebenso zur lichttechnischen, raumgestalterischen und raumakustischen Anpassung einzelner Räume auf ihre individuelle Nutzungsart. Schließlich dienen größere Hohlräume zwischen Rohdecke und UD auch zur verdeckten Verlegung/Integration von Rohrleitungen, Kabelverbindungen, Aus- und Einlässen der diversen haustechnischen Anlagen.

3. Anforderungen an UD

An Unterdecken bzw. an die meist ebenen Bauteile, aus denen sie zusammengesetzt sind, werden hohe Anforderungen in dreierlei Hinsicht gestellt:

3.1 bautechnisch:

- (a) hohe Stabilität bei geringem Gewicht,
- (b) glatte, resistente Oberflächenbeschaffenheit,
- (c) leichte, reversible Montage

3.2 bauakustisch:

- (a) hohe flächenbezogene Masse (5-10 kg/m²),
- (b) geschlossene, fugenfreie Modulbauweise (50-200 cm),
- (c) faserige/poröse Hohlraumdämpfung (50-100 mm)

3.3 raumakustisch:

- (a) hoher Perforationsgrad (20-40 %)
- (b) faserige/poröse Absorberauflage (10-50 mm)
- (c) große Abhängehöhe (20-50 cm).

Welcher der sich teilweise widersprechenden Anforderungen der Vorrang eingeräumt wird, hängt auch von der jeweiligen Raumnutzung ab. Es sind aber einige grundsätzliche Probleme bei konventionellen UD-Systemen ungelöst, wenn diese gleichzeitig als Akustikdecke wirksam sein sollen:

4. Nachteile herkömmlicher UD

Selbst wenn die UD nur die im Decken-Hohlraum angeordneten Installationen kaschieren und den Raum selbst akustisch bedämpfen soll, wie in Frick et al oder in "Trockenbau" 7/92 "Heiss-umkämpfte Kühle" beschrieben, erscheinen die in großem Umfang als Schalen-Bauteil, Decken-Auflage und Hohlraum-Dämpfung eingesetzten Mineralfaser-Platten und -Matten wegen ihrer

- mechanischen Empfindlichkeit bei Montage- und Installationsarbeiten,
- hygienischen Bedenklichkeit bei Räumen höherer Reinheitsklasse,
- physiologischen Auswirkungen bei Abrieb und Austragung von Fasern

als nachteilig und hinderlich.

Bild 1 zeigt einen konventionellen reaktiven Absorber nach Frick et al, wobei a) einen Platten-Resonator, b) einen Helmholtz-Resonator und die Figur c) den Absorptionsgrad darstellt.

Der konventionelle Riesel- und Sichtschutz durch Folien mit geringer Masse und Lochplatten mit großem Perforationsgrad (aus raumakustischer Sicht) widerspricht der

bauakustischen Forderung nach einer raumseitig möglichst geschlossenen, nicht zu leichten Vorsatzschale.

Die aus raumakustischer Sicht für die Absorption tiefer Frequenzen zu fordernde große Abhängenöhe von Akustikdecken gemäß Frick et al widerspricht häufig der bauakustischen Forderung nach geringer Längsübertragung über den Decken-Hohlraum über benachbarten Räumen, selbst wenn der Hohlraum nach Art eines Schalldämpfers wiederum mit größeren Mengen faserigen oder porösen Dämpfungsmaterials angefüllt wird.

Wenn aber die UD nicht nur dekorativen und akustischen Zwecken dient, sondern als (Niederdruck-) Lüftungsdecke, (Strahlungs-)Heizungsdecke oder (Flächen-)Kühldecke gleichzeitig auch andere haustechnische Funktionen übernehmen soll, dann stellt sich das aus akustischer Sicht bisher unumgängliche faserige/poröse Dämpfungsmaterial als schwerer Nachteil heraus: Es würde hier nicht nur Montage und Installation, sondern auch Wartung und Betrieb der Anlagen behindern. Deshalb besteht ein dringender Bedarf für UD-Systeme, die ganz ohne den Einsatz poröser Absorber den raum- und bauakustischen Anforderungen gerecht werden und gleichzeitig den bautechnischen Erfordernissen besser als herkömmliche Akustikdecken entgegen kommen.

5. Alternative Deckenplatten-Schallabsorber

In konventionellen Akustikdecken kommen fast ausschließlich passive (poröse/faserige) Absorber zum Einsatz (Trockenbau 7/92). Damit die Luftschallwellen aus dem Raum ungehindert in das Dämpfungsmaterial eindringen können, müssen die Deckenplatten einen hohen Perforationsgrad (15-50 %) aufweisen. Sie können deshalb nur eine entsprechend geringe Luftschall-Dämmung zum Decken-Hohlraum gewährleisten. Konventionelle reaktive (Platten-/Folien-/Helmholtz-)Absorber gem. Bild 1 benötigen abgeschlossene Hohlkammern, die zur Erzielung einer auch nur mäßig breitbandigen Absorption wiederum mit Dämpfungsmaterial angefüllt sein müssen. Sogenannte Membran-Absorber gem. Anordnungen nach Bild 2 (Becherstrukturen) und Bild 3 (Membranabsorber) und wie in Fuchs, H.V. "Zur Absorption tiefer Frequenzen in Tonstudios. Rundfunktechnische Mitteilungen rtm 36 (1992), H. 1, S. 1-11" beschrieben, kommen zwar ohne poröses/faseriges Material aus. Sie benötigen aber weiterhin 5-10 cm tiefe Hohlkammern. Durch ihren dreischaligen Aufbau auf einer relativ engmaschigen (10-20 cm) Wabenstruktur sind sie außerdem als UD-Bauteil für normale Akustikdecken viel zu aufwendig und teuer. Letzere kommen allenfalls als rundum geschlossene Metallkassetten im

Decken-Hohlraum oder als integriertes UD-Bauteil zur Ergänzung der Absorption bei tiefen Frequenzen in Räumen mit besonderen raumakustischen Anforderungen infrage.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine faserfreie Akustik-Unterdecke zu schaffen, die breitbandig absorbiert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Unterdecken nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Das hier vorgestellte neue UD-Bauteil auf der Basis gestaffelter ebener Platten als Resonanz-Dämpfer kombiniert Eigenschaften der mikroperforierten und Membran-Absorber, indem es

- zwar raumseitig eine praktisch geschlossene glatte Oberfläche aufweist,
- aber hohlraumseitig keine eigenen Hohlkammer- oder Waben-Strukturen benötigt,
- ganz ohne den Einsatz poröser/faseriger Materialien auskommt.

Der neue Deckenplatten-Absorber kann als Deckenbekleidung unmittelbar vor bzw. als UD von der Massivdecke abgehängt in allen unter 1. aufgeführten Anwendungsbereichen eingesetzt sowie mit allen unter 1. und 2. spezifizierten Eigenschaften und Funktionen ausgestattet werden, ohne daß er die unter 4. angesprochenen Nachteile aufweist.

6. Besondere Merkmale

Im Folgenden werden die akustischen Vorteile des UD-Systems dargestellt:

(a) Unterdecke als Vorsatzschale

Faserfreie UD als Vorsatzschale (Bild 10) zur Erhöhung der Luftschall- und Trittschall-Dämmung der Massivdecke

- aus dünnen nicht durch Schallwellen in Schwingungen anregbare Platten 1, 6 hoher Dichte mit ausreichender flächenbezogener Masse ($5-10 \text{ kg/m}^2$; z.B. Metall, Kunststoff, Holz),
- mit gleichmäßig oder ungleichmäßig angeordneten kleinen ($< 2 \text{ mm}$) Löchern und geringem Lochflächenanteil ($< 2 \%$),
- hohlraumseitig versteift durch Streben, Rippen 2 (Bild 10b),

so daß der Schalldurchgang durch die Löcher vernachlässigbar bleibt und ein Durchhängen der Deckenplatten auch bei großen Raster-Feldern (bis etwa 200 cm) bzw. zwischen den entsprechenden Abhängern vermieden wird.

(b) Unterdecke als Schallabsorber für das raumseitige Schallfeld

Faserfreie UD als Akustikdecke (Bild 10) zur Lärminderung und Regulierung der Raumakustik

- aus dünnen Platten 1, wobei die in den Löchern befindliche Luft in den Platten zusammen mit der Luft im Deckenhohlraum 11 durch das raumseitige Schallfeld angeregte, bedämpfte Eigenschwingungen, vorzugsweise bei mittleren und höheren Frequenzen ausführt,
- mit Platten 1, mit gleichmäßig oder ungleichmäßig angeordneten Löchern (< 2 mm; und Lochflächenanteil < 2 %), in denen die Luft zusammen mit der Luft im Decken-Hohlraum bzw. im durch die Versteifung 2 gebildeten Hohlraum durch das raumseitige Schallfeld in den Löchern angeregte, bedämpfte Schwingungen, vorzugsweise bei mittleren und hohen Frequenzen ausführt,

(c) Unterdecke als Schalldämpfer für die Luftschall-Längsleitung im Decken-Hohlraum

Faserfreie UD als schallabsorbierende Berandung des Decken-Hohlraums als Schall übertragenden Kanal, die nach Art der unter (b) beschriebenen Dämpfungs-Mechanismen durch das kanalseitige Schallfeld angeregte, bedämpfte Schwingungen in einem breiten Frequenzbereich ausführt und damit zur Reduktion der Längsübertragung zum Nachbarraum beiträgt.

7. Weitere technologische Vorteile

Das UD-Bauteil aus ebenen, raumseitig mikroperforierten Decken-Platten hoher Dichte ermöglicht eine komplette industrielle Vorfertigung. Die extrem kleinen Löcher ermöglichen vollständigen Sichtschutz, den optischen Eindruck einer geschlossenen Deckenfläche und Möglichkeiten zur dekorativen Auflockerung der Decke.

Aus den faserfreien Platten-Bauteilen lassen sich nahezu beliebig gestaltete Formteile als

Reflektoren für die Beleuchtung, Aus- und Einlässe für die Lüftung und Radiatoren für die Heizung ausbilden, ohne daß deshalb auf ihre akustische Wirksamkeit verzichtet werden müßte.

Mikroperforierte UD-Systeme können höchste Reinheitsanforderungen erfüllen, weil sie

- keinerlei poröses/faseriges Dämpfungsmaterial involvieren,
- wenig Möglichkeiten für Ablagerungen bieten,
- außen wie innen einfach wisch-desinfizierbar sind.

Sie bringen geradezu ideale Voraussetzungen mit für die Montage, Demontage und Remontage und sind wegen ihres einfachen, homogenen Aufbaus vollständig und kostengünstig rückführbar. In Metallausführung kommen die UD-Bauteile auch einem sehr aktuellen Trend beim Kühlen von Verwaltungsgebäuden und Versammlungsstätten im Sommer entgegen: Mit sogenannten "Kühldecken" aus weitgehend standardisierten metallischen Bauteilen läßt sich die hohe Ventilatorleistung, die bei herkömmlichen Klimaanlageanlagen ohne weiteres 50 % der Betriebskosten ausmachen kann, einsparen. So läßt sich auch ein Beitrag zur Senkung des CO₂-Ausstoßes leisten und eine oft sehr lästige Quelle von Zugscheinungen, Lärmbelastungen und Allergien in Wohn- und Arbeitsräumen eliminieren. Bei über dem Rohrregister für das Kühlmittel (i.a. Wasser) angeordneter Wärmedämmung (z.B. Alu-kaschierter Hartschaum) lassen sich der Abstand zwischen Kühl-Lamelle und Dämmung, Lamellendicke, Lochdurchmesser und Lochanzahl pro m² so aufeinander abstimmen, daß eine optimale Anpassung an die Nachhallzeit des Raumes oder an das Emissionspektrum der darin aufgestellten Schallquellen erreicht werden kann. Auch hinsichtlich der Heizungs- und Lüftungsdecken bieten die faserfreien, mikroperforierten UD-Bauteile klare Vorteile gegenüber den herkömmlichen Systemen.

UD-Bauteile können einschalig, zwei- oder mehrschalig aufgebaut werden. Als einfache Vorsatzschale können sie sowohl völlig eben und glatt als auch mit dekorativen Mustern und aussteifenden Sicken, Abkantungen und Falzen versehen werden. Als abgehängte Kassetten-Decke lassen sich die Hohlräume der Kassetten selbst als Lüftungs-Kanäle ausbilden. Ihre dem eigentlichen Decken-Hohlraum zugewandte Rückwand kann aus akustischer wie aus funktionstechnischer Sicht vorteilhaft so gestaltet werden, daß

- unterschiedliche Hohlraum-Tiefen nebeneinander zur Verbreiterung der Absorptionswirkung entstehen,
- im eigentlichen Decken-Hohlraum unterseitig Vertiefungen und Ausformungen zur Aufnahme von Komponenten der Haus-Installation entstehen,
- im Kassetten-Hohlraum oberseitig durch Ausformungen und durch Zwischenwände Zuluft-, Abluft- und Verteiler-Kanäle geschaffen werden.

Im folgenden soll die Erfindung, wie sie in Abb. 8, 9, 10, dargestellt ist, gegenüber dem Stand der Technik nach den Abb. 1 bis 7 erläutert werden.

Bild 1 zeigt wie oben bereits kurz erläutert, reaktive Absorber.

Bild 1a stellt einen Platten-Resonator dar, bei dem die Platte als Masse vor dem Luftkissen als Feder schwingt, wobei jedoch poröses Material z.B. als Randdämpfung benötigt wird, um ein etwas breitbandigeres Dämpfungsverhalten wie in Bild 1c zu erreichen.

In sogenannten Folienabsorbern nach DE 27 58 041 gem. Bild 2 gelingt es, in einer sehr komplexen Becherstruktur eine große Zahl unterschiedlicher Platten-Schwingungen bei verschiedenen Frequenzen so anzuregen, daß ein insgesamt breitbandiges Absorptions-Spektrum bei mittleren Frequenzen, auch ohne den Einsatz porösen Materials, erreicht wird.

Beim sogenannten Membran-Absorber, z.B. nach DE 35 04 208 und DE 34 12 432, gelingt es erstmalig, Platten- und Helmholtz-Resonatoren so hintereinander aufzubauen, daß vielfältig über mehrere Luftschichten und Löcher gekoppelte Schwingungen in einem völlig ebenen Bauteil bereits relativ breitbandig anregbar werden. Wenn man vor der Deckmembran dieses reaktiven Absorbers eine auch nur relativ dünne Schicht (1 - 5 mm) aus porösem Material, wie in Bild 3 dargestellt, anbringt, so läßt sich gem. Bild 4 und 5 ein Gewinn an Absorption bei hohen Frequenzen erzielen.

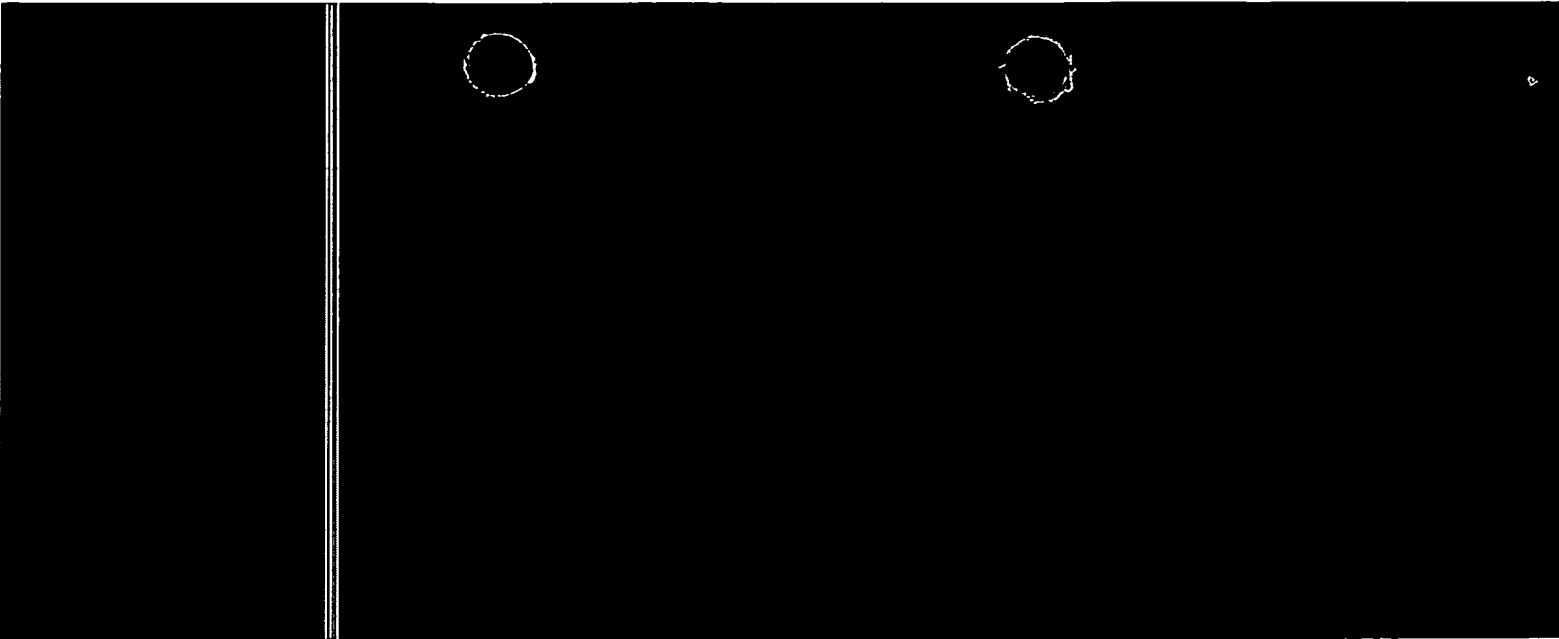
In Bild 3 ist mit 15 die Deckmembran bezeichnet, mit 16 das poröse Material mit einer wasserdichten Abdeckung 17 bzw. mechanischem Schutz 18. Unterhalb der Deckmembran 15 befindet sich die Lochmembran 14 und davon beabstandet die Rückwand 12. Sowohl die Deckmembran, Lochmembran und Rückwand sind dabei schwingfähige Komponenten, also keine starre Platten. Die Membranen werden zu Schwingungen angeregt und sie entziehen dadurch dem Schall die Energie. Die Löcher in der Lochmembran 14 schwanken dabei zwischen 3 - 10 mm. 13 stellt dabei die Wände der Waben

struktur dar, 11 ist der Hohlraum, der üblicherweise mit Luft gefüllt ist. Dieser Membranabsorber kann auch als Modul gefertigt werden, wobei die Membrane 12, 14, 15 und 13 aus Kunststoff oder Metall bestehen können.

Weiterhin ist bekannt, großvolumige poröse Absorber mit Lochplatten abzudecken, wobei jedoch die Lochplatten nur einen mechanischen Schutz bewirken sollen. Diese porösen Absorber sind z.B. gepreßte Mineralfaserplatten, die hinter abgehängten Unterdecken aufgelegt sind, wobei oft aus Praktikabilität diese Faserplatten mit einer dünnen Alu-Folie verklebt oder in Kunststoff-Folie eingepackt werden. Da man weiß, daß dadurch das Eindringen der Schallwellen in den passiven Absorber weitgehend unterbunden wird, wird die Folie durch "Nadelung" mit einer Vielzahl kleiner Löcher "schalldurchlässig" gemacht.

Bild 6 zeigt das Absorptionsspektrum aus Maa, D.-Y. "Theory and design of microperforated panel sound absorbing constructions". Scientia Sinica 18 (1975), H. 1, 55-71, wobei eine mikroperforierte Platte vor einer starren Wand angeordnet ist. Diese theoretische Untersuchung hat jedoch nirgends eine technische Anwendung gefunden.

Bisher ist es nur bei den o.g. Membran-Absorbern nach Bild 3 gelungen, ganz bestimmte Eigenschwingungen der ebenen Membranen, die sich der dahinter angeordneten Wabenstruktur gut anpassen, anzuregen und dadurch für die gewünschte Absorption nutzbar zu machen. Bei den in der Raumakustik bisher eingesetzten Platten-Resonatoren mit ihren relativ dicken und damit steifen Platten, liegen die Frequenzen der "höheren Moden" der Platten vor dem jeweiligen Luftkissen soweit oberhalb der Frequenz der "Grund-Mode", daß sie bisher überhaupt nicht zur Absorption von Schallenergie aus dem Raum herangezogen werden. Werden diese Membranabsorber für Strömungskanäle, z.B. in Klimaanlage, hergestellt, so werden die Platten üblicherweise dünner hergestellt. Die Schallwellen im Kanal werden dabei weit oberhalb der Masse/Feder-Resonanzfrequenz durch die wechselseitig (rund um den Kanal) angeordneten rein passiven Absorber von vorneherein viel stärker "geschluckt" als durch irgendwelche höheren Moden der Platten selbst. Selbst wenn letztere entsprechend den Plattenabmessungen in einem interessanten Frequenzbereich nahe der Grundfrequenz anregbar wären, könnten diese Schwingungen wegen der einseitig ganzflächig pressenden Mineralwolle-Füllung sich gar nicht richtig ausbilden. Dies war vermutlich auch der Grund, woraun nicht versucht worden ist, höhere Moden in dem mikroperforierten Absorber nach Bild 6 mit dem Ziel einer Verbreiterung des wirksamen Frequenzbereiches anregbar zu machen.



unmittelbar auf den Lochplatten ganzflächig aufliegt. Die Anmelderin hat auch derartige Anordnungen meßtechnisch im Schallraum immer wieder untersucht, da sie in vielen Industriebetrieben als Unterdecken verwendet werden. In Bild 7 ist eine derartige Anordnung mit einem 0,5 mm dicken Stahlblech, 2,5 mm Lochdurchmesser und 16 % Lochflächenanteil, wobei das Blech etwa 200 mm unterhalb der Decke angeordnet ist, mit ihrem Absorptionsspektrum dargestellt. Man erkennt, daß die Vliese einen erheblichen Anteil an Absorption in höheren Frequenzbereichen aufweisen. Die Absorptionsfrequenz $f_{\chi/4} = c_0 / 4D$ (mit c_0 = Schallgeschwindigkeit und D Abstand der Platte zur Rückwand) zeigt dabei erwartungsgemäß gegenüber der Frequenz $\chi/2$ eine erhöhte Absorption. Dies zeigt, daß die erzielte Absorption auf das auf der Unterdecke aufliegende Dämpfungsmaterial zurückzuführen ist. Die Luft in den Löchern der Unterdecke überträgt lediglich die Schallschwingungen der auf die Lochbleche auftreffenden Schallwellen in das dahinterliegende Dämpfungsmaterial. Erst dort wird die Schallenergie durch Reibung an den Fasern oder in den Poren des Dämmaterials in Wärme umgewandelt und dadurch die Schallenergie vermindert.

Die Probleme der konventionellen Schallabsorber, insbesondere da neuere Untersuchungen ergeben haben, daß das schalldämmende Material, z.B. Steinwolle oder Glaswolle, kanzerogen sei, sowie mögliche Feuchtigkeitsaufnahme, Staubentwicklung und Abrieb, bewirkten, daß nach neuen Möglichkeiten der Schalldämpfung gesucht wird. Andererseits sind die Membranabsorber schon seit längerer Zeit bekannt, da sie jedoch teurer gegenüber den relativ preiswerten Materialien aus Steinwolle oder Glaswolle sind, haben sie sich nicht durchsetzen können. Auch sind die Membranabsorber, sei es in ihrer becherförmigen Ausgestaltung oder in der früheren Bauweise mit zerklüfteten Oberflächen - zur Verbreiterung des Absorptionsspektrums - demgegenüber relativ kompliziert und daher teuer.

Die erfindungsgemäße Unterdecke dagegen ist einfach herzustellen, einfach anzubringen und nicht teuer, da sie nur aus den fein perforierten Lochblechen und den seitlichen Begrenzungsflächen des Luftzwischenraums und der ebenen Rückwand bzw. Platte besteht. Die Löcher mit einem Durchmesser von vorzugsweise von 0,4 - 0,8 mm dienen nicht als "Durchbrechungen" zum möglichst ungehinderten Eindringen der Schallenergie in den Luftzwischenraum zwischen Unterdecke und Decke. Der für den erfindungsgemäßen Zweck äußerst geringe Lochflächenanteil von maximal 5%, vorzugsweise nur 0,5 - 3 %, wäre für die (passive) Übertragung von Schallenergie aus dem Raum in den Zwischenraum noch weniger geeignet als die Durchbrechungen nach dem Stand der Technik, da diese Lochflächenanteile zwischen 15 - 50 % aufweisen. Stattdessen wirkt die Luft in den Löchern der mikroperforierten Lochbleche gemäß der Erfindung zusammen mit den Luftkissen in dem Zwischenraum als ein ganz spezielles Masse-Feder-Schwingsystem, das durch das auf das mikroperforierte Lochblech auftreffende Schallfeld (reaktiv) zu Schwingungen im jeweils interessierenden Frequenzbereich anregbar gemacht wird. Dabei erfolgt die Abstimmung auf den jeweiligen Frequenzbereich durch ganz gezielte Wahl der geometrischen Parameter, insbesondere der Dicke der Lochbleche, Dicke des Luftzwischenraums, Durchmesser der Löcher, Abstände der Löcher, Form der Löcher, Anteil der Perforation in der Gesamtfläche des Lochbleches und Formgebung der Lochbleche.

Insbesondere wird mit der Wahl der Lochgeometrie nicht nur der Frequenzbereich der Absorption, sondern auch die Wirksamkeit des Absorbers in diesem Frequenzbereich festgelegt. Die notwendige Dämpfung wird nicht wie nach Abb. 1a oder Abb. 7, durch Anbringung von zusätzlichen porösen oder faserigen "Schluckstoffen" bewerkstelligt, sondern ganz ausschließlich durch Reibung der Luftteilchen in den engen Löchern an deren Wänden. Der gewünschte Frequenzbereich und die erforderliche Reibung können so optimal auf den jeweiligen Einsatzfall eingestellt werden, so daß eine fast vollständige Absorption der auftreffenden Schallenergie möglich wird. Die Platten sind dabei so dick und stabil aufgebaut, daß sie nicht von den auftreffenden Schallwellen zu Schwingungen angeregt werden können. Ohne die Mikroperforation der erfindungsgemäßen Art würde die Platte, sofern sie schwingungsfähig ausgebildet wäre, wie in Bild 8 dargestellt, als Feder-Masse-System allenfalls bei sehr tiefen Frequenzen und nur schmalbandig mitschwingen, gemäß der gestrichelten Kurve 1, und dadurch absorbieren. Die Mikroperforation, Kurve 2, bewirkt dagegen eine relativ breitbandige Absorption bei mittleren und höheren Frequenzen gemäß Bild 8, weil nur die leichtere Luft in den Löchern als Masse mit der Luft in dem Hohlraum als Feder mitschwingt. Mit zwei hintereinander

angeordneten starren mikroperforierten Platten läßt sich, wie Bild 9 zeigt, eine noch breitere Absorptionskurve erreichen, ohne daß Dämpfungsmaterial zusätzlich eingebracht werden müßte, oder feste Teile nach Art eines Resonators mitschwingen müßten.

Abb. 10a - e zeigt die erfindungsgemäße Unterdecke, wobei Bild 10e die Unterdecke als Modul zeigt, das dann kassettenförmig unter die Decke als Unterdecke angebracht wird.

In Abb. 10 sind mit 1 und 6 die ebene mikroperforierte Platte aus Blech oder hartem Kunststoff mit Löchern 4 und 7 eine ebene schwingfähige Platte als Rückwand des Moduls bezeichnet. 3b ist der starre Rahmen des Moduls und 11 die Hohlräume oder Zwischenräume, die mit Luft gefüllt sind. 3 sind Abhängungen und 3a z.B. Balken oder eine Unterkonstruktion zum Tragen der Unterdecke bzw. Vorsatzschale. Da die Platten oder Module in etwa 1 Quadratmeter großen Einheiten geliefert werden, können über die Abhängungen 3 oder Unterkonstruktion 3a verschiedene Abstände der Unterdecke D zur Rückwand realisiert werden, wodurch das Absorptionsspektrum verbreitert wird. 2 sind Versteifungen der Platten 1, 6, die natürlich auch über die gesamte Länge und Breite der Platte angeordnet sein können, so daß diese nicht schwingt.

Bild 11 zeigt das Spektrum einer mikroperforierten Platte aus Aluminium bei einer Dicke der Platte t von 0,15 mm, Lochdurchmesser 0,16 mm, Lochabstand 1,2 mm und Dicke der Luftschicht im Zwischenraum zwischen Platte und Rückwand oder Decke von 600 mm und einem durch Lochdurchmesser und Abstand gegebenem Lochflächenanteil p von 1,4 %.

Bei einer gewünschten Resonanzfrequenz $f_R = 54 \times 10^3 \sqrt{\sigma/D} \cdot f \cdot K_m$ nach der Theorie von Maa, wobei σ Lochfläche / Gesamtfläche, D die Luftschichtdicke im Zwischenraum und K_m eine Konstante, die proportional ist zum Lochdurchmesser multipliziert mit der Wurzel aus f, kann man dann die Parameter Plattendicke, Lochflächenanteil bzw. Anzahl der Löcher bei einem bestimmten Lochdurchmesser und Luftzwischenraum D in gewissen Grenzen variieren. So ergibt bei einer 3 mm dicken Aluminiumplatte, einem Lochflächenanteil $p = 1,4$ und Luftzwischenraum $D = 50$ mm sich ein Lochdurchmesser d von 0,45 mm. Bei gleich großen Löchern, aber erhöhter Anzahl, verschiebt sich nach der Theorie die Resonanzfrequenz zu höheren Frequenzen. Dies kann man auch erreichen mit kleineren Löchern. Eine Verbreiterung des Spektrums erhält man weiterhin, wenn die Platte gering nach unten gewölbt ist, z.B. bei einer Plattenbreite von 1000 mm und einer Wölbung von 60 - 80 mm.

Patentansprüche

1. Unterdecke für Räume in Gebäuden, die zur Absorption von Schallwellen ausgebildet ist und perforierte Metallplatten aufweist,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß eine abgehängte Platte (1) vorgesehen ist, die derart hart ausgebildet ist, daß sie nicht schwingungsfähig ist, und eine Vielzahl von gleichmäßig oder ungleichmäßig angeordneten Löchern (4) mit einem Durchmesser d von 0,2 - 3 mm und einem Lochflächenanteil von weniger als 4% aufweist, und die Luft in den Löchern (4) mit der Luft in den darüber befindlichen Hohlräumen (11) ein Feder-Masse-System bildet und die Platte (1) mittels längenvariierbaren Abhängungen (3) oder Unterkonstruktionen (3a) befestigt ist.

2. Unterdecke nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Löcher (4) einen Durchmesser d von 0,1 - 1 mm, vorzugsweise von 0,2 - 0,8 mm, und einen Lochflächenanteil von weniger als 2% aufweisen.

3. Unterdecke nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß mehrere Platten (1, 6) vorgesehen sind und diese zur Decke hin in größer werdendem Abstand D angeordnet sind.

4. Unterdecke nach den Ansprüchen 1 - 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Platten (1,6) aus Kunststoff, Verbundwerkstoff oder Metall bestehen.

5. Unterdecke nach den Ansprüchen 1 - 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Unterdecke zur Vermeidung der Durchhängung mit Versteifungen (2) versehen ist.

6. Unterdecke nach den Ansprüchen 1 - 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Platten (1, 6) gewölbt mit der Wölbung nach unten ausgebildet sind.

7. Unterdecke nach den Ansprüchen 1 - 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

daß die Platten (1, 6) mit seitlichem Rahmen (3b) und einer ebenen Rückwand (7) als Modul ausgebildet sind.

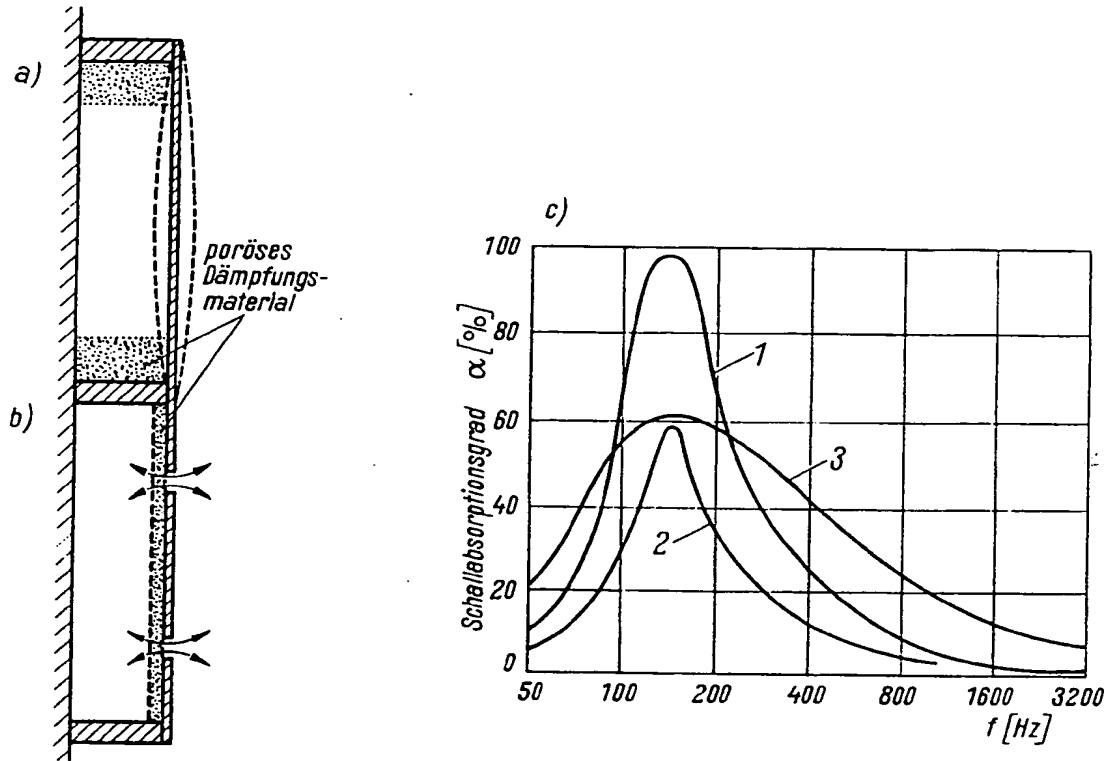


Bild 1 Beispiele für konventionelle reaktive Absorber nach (1)

- (a) Platten-Resonator (b) Helmholtz-Resonator
- (c) Schluckgrad für (1) $z \approx p_c$ (2) $z < p_c$
 (3) $z > p_c$

2/11

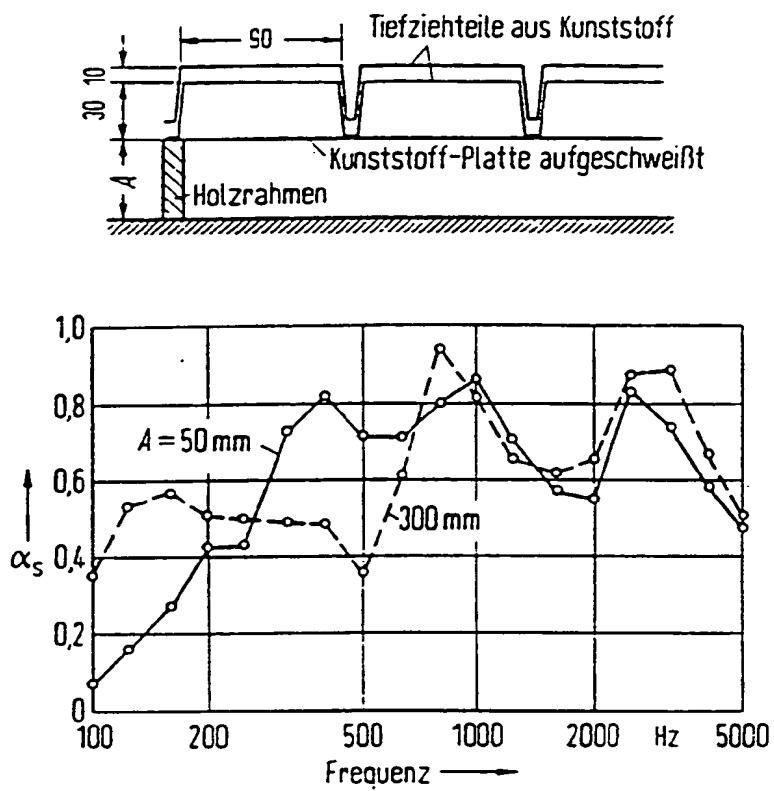


ABB. 2

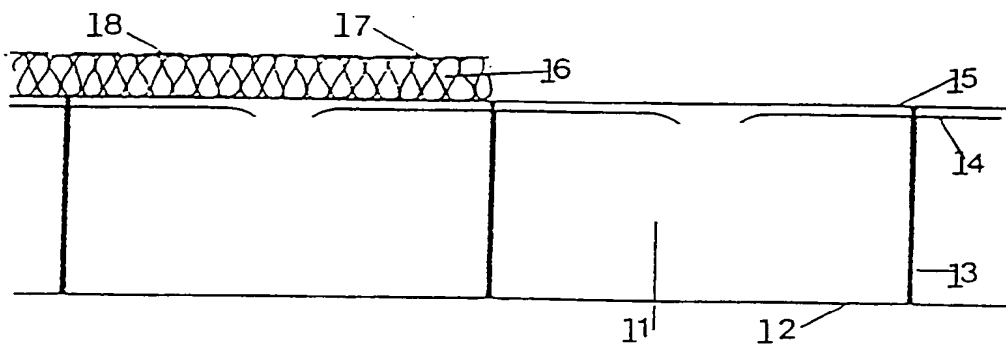


ABB. 3

4/11

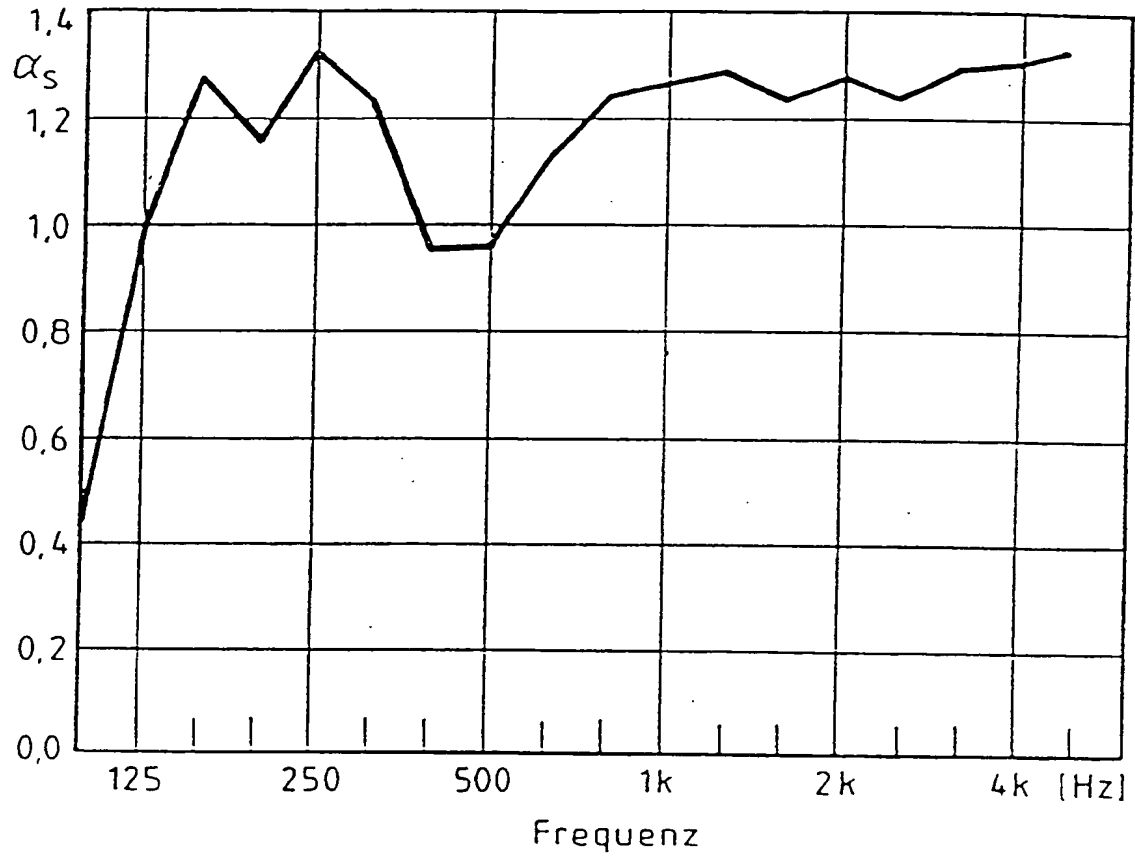


Bild 4 Absorptionsgrad von Membran-Absorbern entsprechend Abb. 3
(aber ohne Deckmembran) mit einer 50 mm dicken
Mineralwollschicht.

5/11

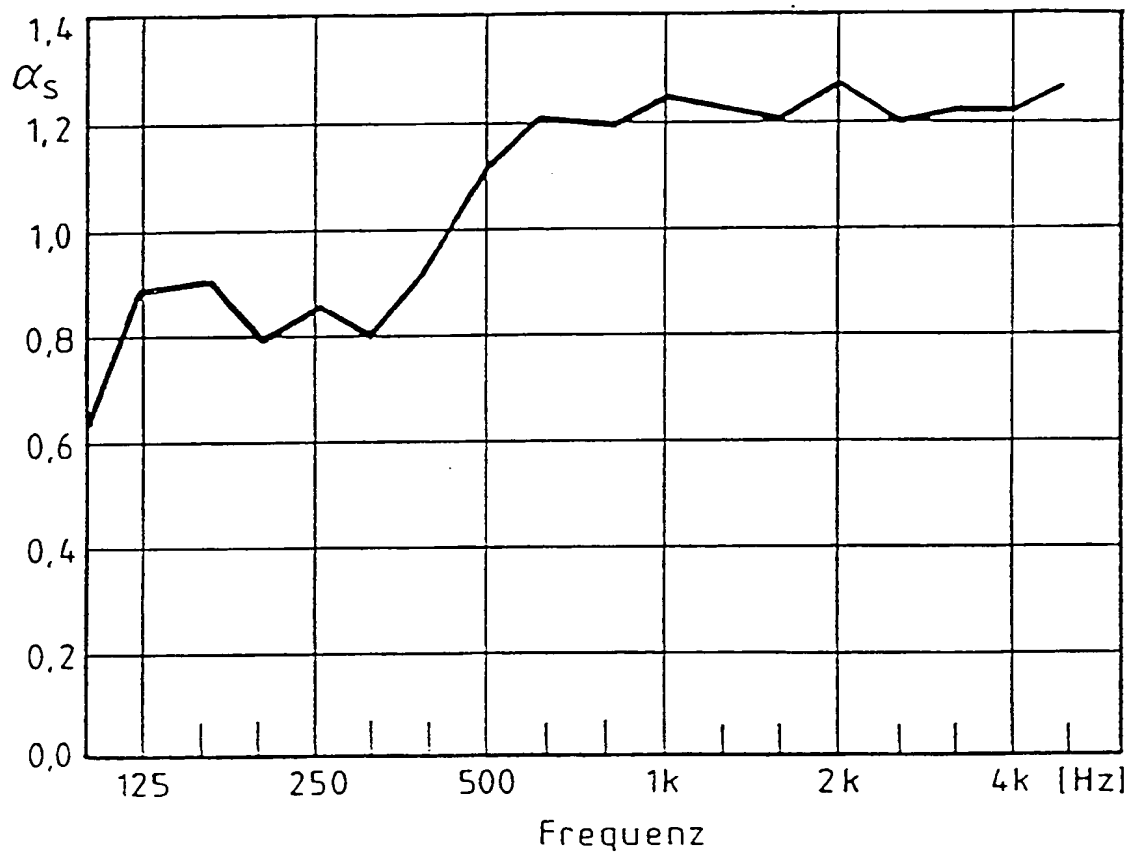


Bild 5

Absorptionsgrad von Membran-Absorbern entsprechend Abb. 3 mit einer 50 mm dicken Mineralwollschicht.

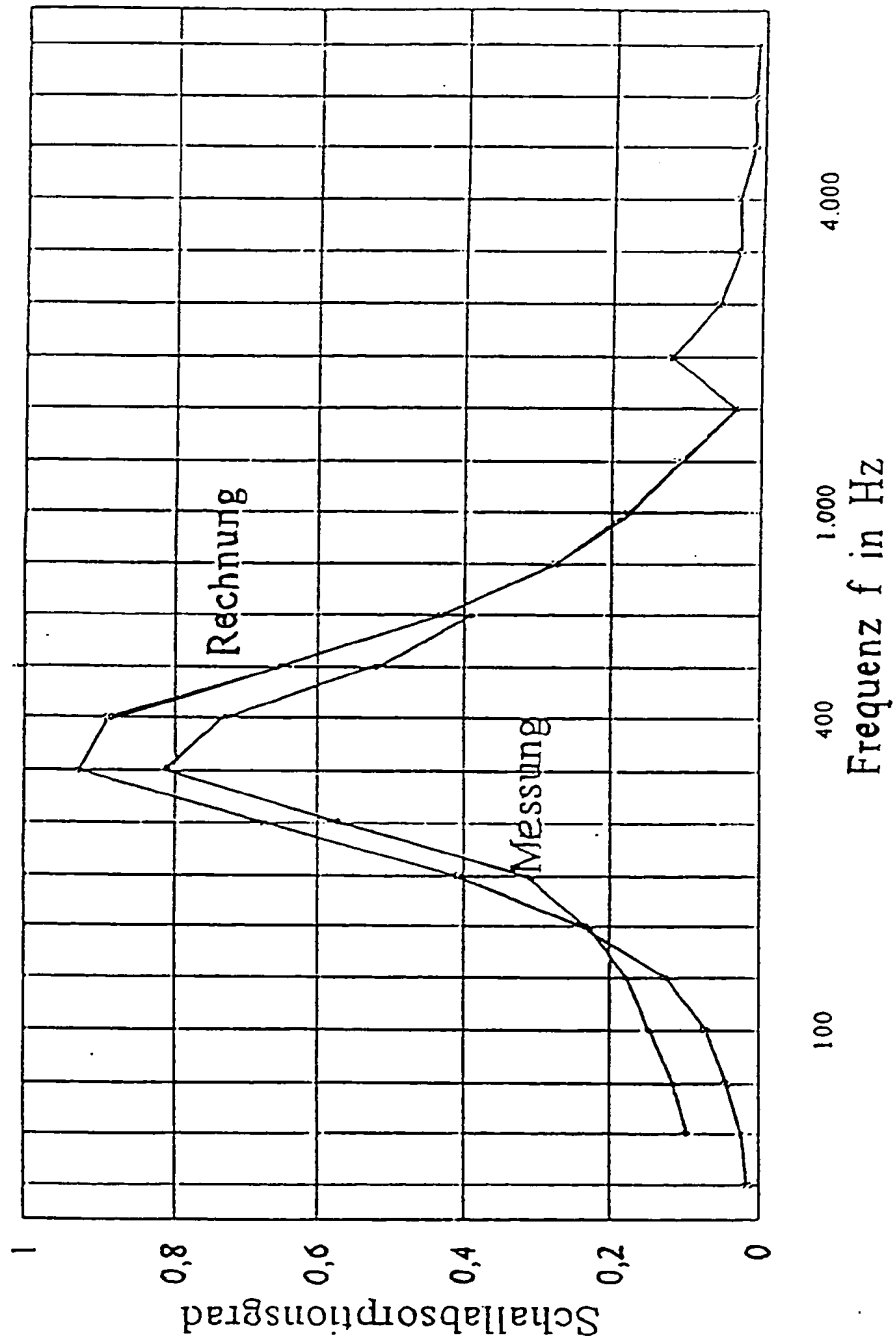
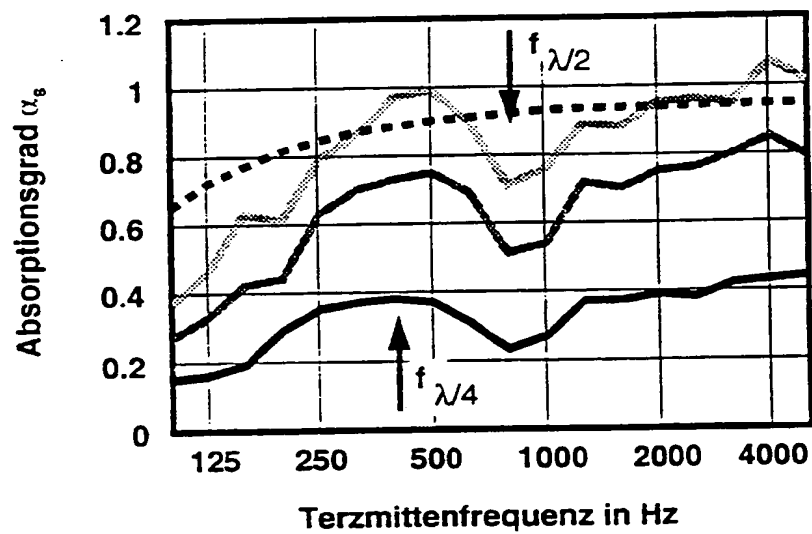
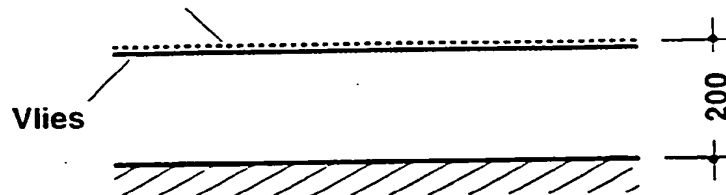


ABB. 6

7/11

0.5 mm dickes Stahlblech,
2.5 mm Lochdurchmesser,
16 % Lochflächenanteil



- Vlies Typ A, 0.6 mm
- Vlies Typ A, 5.0 mm, 500 g/m²
- - - Vlies Typ A, 7.0 mm, 1000 g/m²
- · · · · homogener poröser Absorber, $\Xi = 8 \text{ kNs/m}^4$, 200 mm

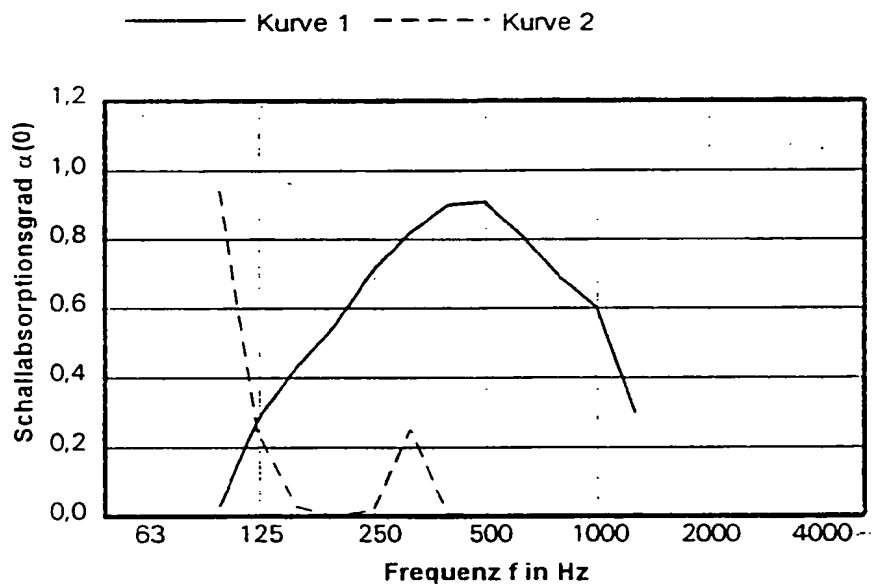
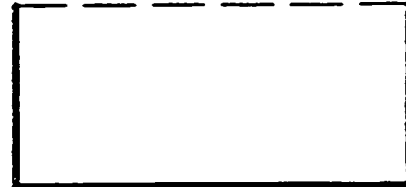
Bild 7 Absorptionsgrad von Lochblechen mit hinterlegtem porösem Material

8/11

Schallabsorptionsgrad bei senkrechtem Schalleinfall

Aufbau des Prüfgegenstandes:

Schicht Nr.	Dicke d [mm]	Material
1	0.5	mikroperforiertes Blech Nr. 1
2	100	Luftzwischenraum



Kurve 1: 0,5 mm mikroperforiertes Stahlblech Nr. 1 vor 100 mm Luftzwischenraum

Kurve 2: 0,5 mm Stahlblech vor 100 mm Luftzwischenraum

Prüffläche jeweils 20 x 20 mm²

Bild 8 Absorptionsgrad eines 0,5 mm dicken Stahlblechs

- (a) als Masse mit dem dahinter liegenden Luftkissen als Feder mitschwingend (Kurve 2)
- (b) als starre Platte mit Mikro-Löchern als Masse mit dem dahinter liegenden Luftkissen als Feder mitschwingend (Kurve 1)

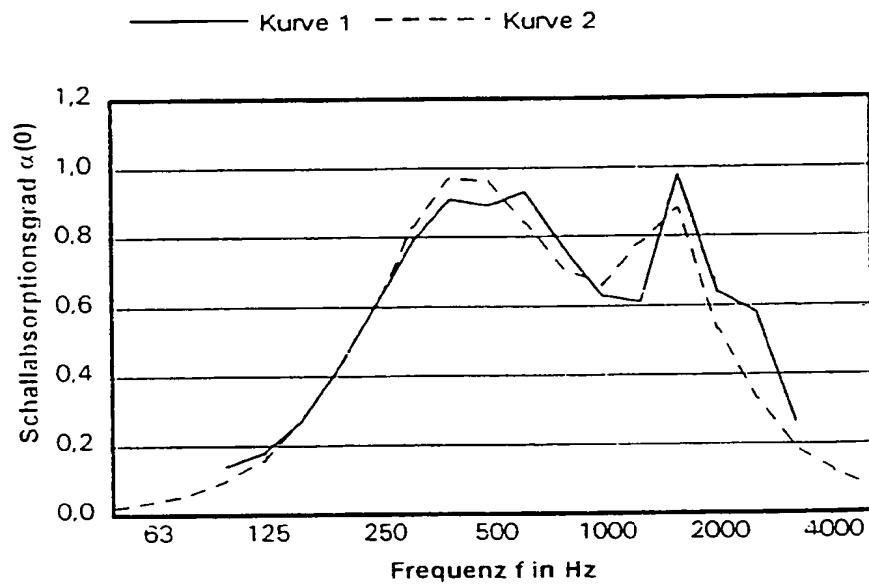
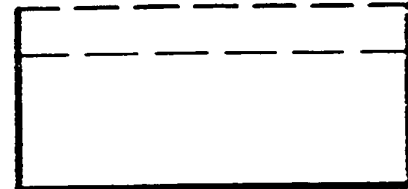
ERSATZBLATT (REGEL 26)

9/11

Schallabsorptionsgrad bei senkrechtem Schalleinfall

Aufbau des Prüfgegenstandes:

Schicht Nr.	Dicke d [mm]	Material
1	0.8	mikroperforiertes Blech Nr. 2
2	25	Luftzwischenraum
3	0.5	mikroperforiertes Blech Nr. 1
4	75	Luftzwischenraum

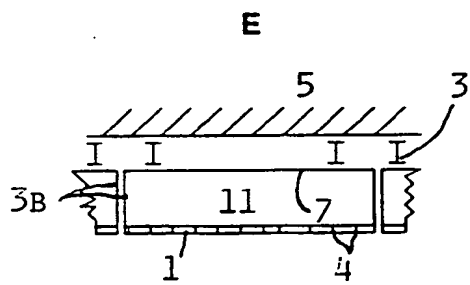
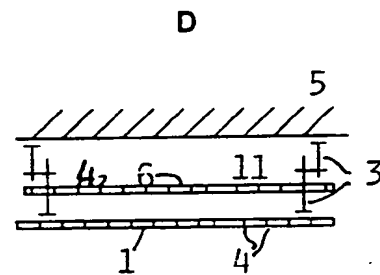
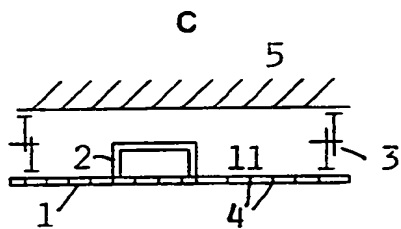
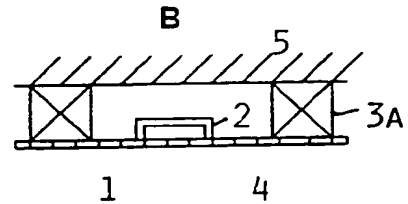
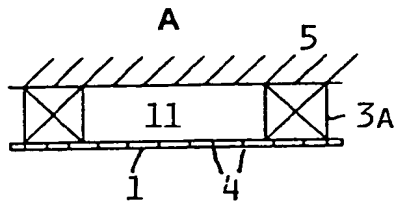


Kurve 1: Messung im Impedanzrohr (Prüffläche 50 x 50 mm²)

Kurve 2: Berechnete Werte

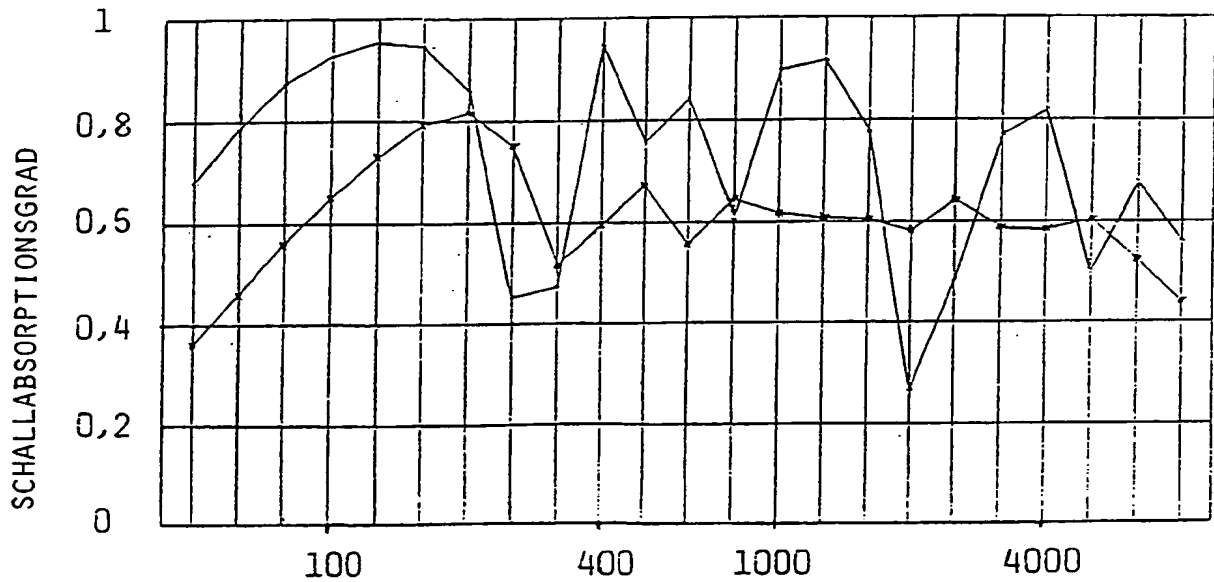
ABB. 9

10/11



11/11

MICROPERFORIERTE-ABS. (ALU)
EINFACHPLATTE



— x — DIFFUSER SCHALLEINFALL
— . — SENKRECHTER SCHALLEINFALL

t	d	b	D	p %
0,15	0,16	1,20	600	1,40

ABB. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No

PCT/EP 94/01227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 5 E04B9/00 E04B1/86

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 5 E04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP,A,0 139 360 (HANKEL) 2 May 1985 see page 3, line 1 - page 3, line 33 see page 6, line 1 - page 7, line 4 see page 7, line 10 - page 7, line 25 see page 8, line 1 - page 8, line 9 see page 9, line 4 - page 9, line 31 see page 12, line 25 - page 13, line 5 see figures 1,2,4,5,11 ---	1,2,4,7 3,5,6
Y	DE,B,28 33 487 (ARMSTRONG CORK CO.) 10 January 1980 see figure 1 ---	3
Y	EP,A,0 023 618 (HOLZWERKE H. WILHELMI) 11 February 1981 see page 6, line 8 - page 7, line 8 see claim 7; figures 4,5 ---	5
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- * "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- * "E" earlier document but published on or after the international filing date
- * "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- * "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- * "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- * "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- * "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 August 1994

Date of mailing of the international search report

31 -08- 1994

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Hendrickx, X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No
94/EP 94/01227

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,Y	DE,U,93 04 227 (GUTERMUTH SEN.) 17 June 1993 see claim 1; figures 3,5,7 -----	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Application No

PCT/EP 94/01227

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0139360	02-05-85	US-A- 4529637 CA-A- 1227757 JP-A- 60067994	16-07-85 06-10-87 18-04-85
DE-B-2833487	10-01-80	US-A- 4272928	16-06-81
EP-A-0023618	11-02-81	DE-A- 2930123	12-02-81
DE-U-9304227	17-06-93	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

des Aktenzeichens

/EP 94/01227

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 5 E04B9/00 E04B1/86

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 5 E04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	EP,A,0 139 360 (HANKEL) 2. Mai 1985 siehe Seite 3, Zeile 1 - Seite 3, Zeile 33 siehe Seite 6, Zeile 1 - Seite 7, Zeile 4 siehe Seite 7, Zeile 10 - Seite 7, Zeile 25 siehe Seite 8, Zeile 1 - Seite 8, Zeile 9 siehe Seite 9, Zeile 4 - Seite 9, Zeile 31 siehe Seite 12, Zeile 25 - Seite 13, Zeile 5 siehe Abbildungen 1,2,4,5,11 ---	1,2,4,7 3,5,6
Y	DE,B,28 33 487 (ARMSTRONG CORK CO.) 10. Januar 1980 siehe Abbildung 1 --- -/--	3

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- * "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- * "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- * "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- * "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- * "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. August 1994

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31-08-1994

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hendrickx, X

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP,A,0 023 618 (HOLZWERKE H. WILHELMI) 11. Februar 1981 siehe Seite 6, Zeile 8 - Seite 7, Zeile 8 siehe Anspruch 7; Abbildungen 4,5 ---	5
P,Y	DE,U,93 04 227 (GUTERMUTH SEN.) 17. Juni 1993 siehe Anspruch 1; Abbildungen 3,5,7 -----	6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung: [redacted] zur selben Patentfamilie gehören

les Aktenzeichen
[redacted] / EP 94/01227

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0139360	02-05-85	US-A- 4529637 CA-A- 1227757 JP-A- 60067994	16-07-85 06-10-87 18-04-85
DE-B-2833487	10-01-80	US-A- 4272928	16-06-81
EP-A-0023618	11-02-81	DE-A- 2930123	12-02-81
DE-U-9304227	17-06-93	KEINE	

THIS PAGE BLANK (USPTO)